

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization
International Bureau



(43) International Publication Date
18 April 2002 (18.04.2002)

PCT

(10) International Publication Number
WO 02/031869 A3

(51) International Patent Classification⁷: H01L 21/768 (81) Designated States (national): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

(21) International Application Number: PCT/US01/31391

(22) International Filing Date: 9 October 2001 (09.10.2001)

(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

(30) Priority Data:
60/239,194 10 October 2000 (10.10.2000) US

(71) Applicant (for all designated States except US): THE TRUSTEES OF COLUMBIA UNIVERSITY IN THE CITY OF NEW YORK [US/US]; 116th Street and Broadway, New York, NY 10027 (US).

(72) Inventor; and

(75) Inventor/Applicant (for US only): IM, James, S. [US/US]; Apartment #74, 520 West 114th Street, New York, NY 10027 (US).

(74) Agent: TANG, Henry; Baker Botts LLP, 30 Rockefeller Plaza, New York, NY 10112-0228 (US).

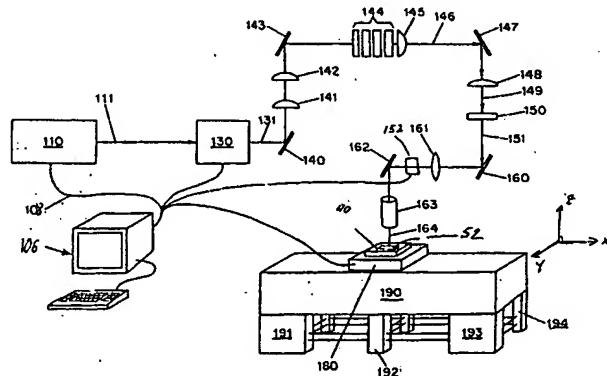
(84) Designated States (regional): ARIPO patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Published:
— with international search report

(88) Date of publication of the international search report:
19 September 2002

[Continued on next page]

(54) Title: METHOD AND APPARATUS FOR PROCESSING THIN METAL LAYERS



WO 02/031869 A3 (57) Abstract: A method and apparatus for processing a thin metal layer on a substrate to control the grain size, grain shape, and grain boundary location and orientation in the metal layer by irradiating the metal layer with a first excimer laser pulse having an intensity pattern defined by a mask to have shadow regions and beamlets. Each region of the metal layer overlapped by a beamlet is melted throughout its entire thickness, and each region of the metal layer overlapped by a shadow region remains at least partially unmelted. Each at least partially unmelted region adjoins adjacent melted regions. After irradiation by the first excimer laser pulse, the melted regions of the metal layer are permitted to resolidify. During resolidification, the at least partially unmelted regions seed growth of grains in adjoining melted regions to produce larger grains. After completion of resolidification of the melted regions following irradiation by the first excimer laser pulse, the metal layer is irradiated by a second excimer laser pulse having a shifted intensity pattern so that the shadow regions overlap regions of the metal layer having fewer and larger grains. Each region of the metal layer overlapped by one of the shifted beamlets is melted throughout its entire thickness, while each region of the metal layer overlapped by one of the shifted shadow regions remains at least partially unmelted. During resolidification of the melted regions after irradiation by the second radiation beam pulse, the larger grains in the at least partially unmelted regions seed growth of even larger grains in adjoining melted regions. The irradiation, resolidification and re-irradiation of the metal layer may be repeated, as needed, until a desired grain structure is obtained in the metal layer.



For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/US 01/31391

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H01L21/768

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H01L B23K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, INSPEC, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|------------|--|-----------------------|
| X | <p>HAU-RIEGE C S ET AL: "The effects of microstructural transitions at width transitions on interconnect reliability" JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, 15 JUNE 2000, AIP, USA, vol. 87, no. 12, pages 8467-8472, XP002200743 ISSN: 0021-8979 the whole document</p> <p>---</p> <p>-/-</p> | 1 |

 Further documents are listed in the continuation of box C. Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the International filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the International filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the International filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the International search

31 May 2002

Date of mailing of the International search report

14/06/2002

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 51 651 epo nl,
 Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Königstein, C

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/US 01/31391

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|----------|--|---------------------------------|
| X | <p>SPOSILI R S ET AL: "SEQUENTIAL LATERAL SOLIDIFICATION OF THIN SILICON FILMS ON SiO₂" APPLIED PHYSICS LETTERS, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS. NEW YORK, US, vol. 69, no. 19, 4 November 1996 (1996-11-04), pages 2864-2866, XP000955150 ISSN: 0003-6951 figure 1</p> | 68-71 |
| X | <p>MCWILLIAMS B M ET AL: "WAFER-SCALE LASER PANTOGRAPHY: FABRICATION OF N-METAL-OXIDE-SEMICONDUCTOR TRANSISTORS AND SMALL-SCALE INTEGRATED CIRCUITS BY DIRECT-WRITE LASER-INDUCED PYROLYtic REACTIONS" APPLIED PHYSICS LETTERS, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS. NEW YORK, US, vol. 43, no. 10, November 1983 (1983-11), pages 946-948, XP000816966 ISSN: 0003-6951 figure 1</p> | 68 |
| X | <p>MARIUCCI L ET AL: "Grain boundary location control by patterned metal film in excimer laser crystallized polysilicon" PROCEEDINGS OF THE FIFTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON POLYCRYSTALLINE SEMICONDUCTORS (POLYSE '98), SCHWABISCH GMUND, GERMANY, 13-18 SEPT. 1998, vol. 67-68, pages 175-180, XP008004041 Diffusion and Defect Data Part B (Solid State Phenomena), 1999, Balaban Publishers; Scitec Publications, Switzerland ISSN: 1012-0394 the whole document</p> | 1 |
| A | <p>BROADBENT E K ET AL: "Excimer laser processing of Al-1%Cu/TiW interconnect layers" 1989 PROCEEDINGS. SIXTH INTERNATIONAL IEEE VLSI MULTILEVEL INTERCONNECTION CONFERENCE (CAT. NO.89TH0259-2), SANTA CLARA, CA, USA, 12-13 JUNE 1989, pages 336-345, XP010092413 1989, New York, NY, USA, IEEE, USA the whole document</p> | 1, 20, 31, 32, 39, 49, 67 |
| A | <p>US 6 014 944 A (RUSSELL STEPHEN D ET AL) 18 January 2000 (2000-01-18) the whole document</p> | |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/US 01/31391

C(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|----------|--|-----------------------|
| A | US 5 591 668 A (MAEGAWA SHIGEKI ET AL) 7 January 1997 (1997-01-07) figures 1A,1B | |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International Application No

PCT/US 01/31391

| Patent document cited in search report | Publication date | Patent family member(s) | | Publication date |
|--|------------------|-------------------------|------------------------|--------------------------|
| US 6014944 | A 18-01-2000 | US | 6176922 B1 | 23-01-2001 |
| US 5591668 | A 07-01-1997 | JP KR | 7249591 A 153834 B1 | 26-09-1995 01-12-1998 |

⑩ 日本国特許庁 (JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報 (A)

昭62-181419

⑬ Int.Cl.

H 01 L 21/20
C 30 B 1/02
29/06
H 01 L 21/263
29/78

識別記号

府内整理番号

7739-5F
8518-4G
8518-4G
7738-5F
8422-5F

⑭ 公開 昭和62年(1987)8月8日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全4頁)

⑮ 発明の名称 多結晶シリコンの再結晶化法

⑯ 特願 昭61-24410

⑰ 出願 昭61(1986)2月5日

⑱ 発明者 若海 弘夫 東京都港区芝5丁目33番1号 日本電気株式会社内

⑲ 出願人 日本電気株式会社 東京都港区芝5丁目33番1号

⑳ 代理人 弁理士 内原 晋

明細書

発明の名称

多結晶シリコンの再結晶化法

特許請求の範囲

ガラス基板上に第1の絶縁膜と高熱伝導層を積層し、さらに該高熱伝導層上に第2の絶縁膜と多結晶シリコン層と該多結晶シリコン層を覆う第3の絶縁膜からなるキャップ層とを島状に連続して積み重ね、前記キャップ層上から高エネルギービームを照射して前記多結晶シリコン層の結晶粒度を大きくすることを特徴とする多結晶シリコンの再結晶化法。

発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

本発明は、平面表示装置の駆動用トランジスタを構成する基本要素である薄膜の多結晶シリコンの再結晶化方法に関する。

〔従来の技術〕

近年、ELD、LCD等の表示装置が大容量化するにつれて、各セルを TFTで駆動するアクティブマトリックス駆動方式が検討されるようになってきた。この方式では、各セル毎に設けた TFTの他に、X、Yの電極線を駆動するためのドライバが必要であるが、これらは TFTと共にガラス基板の上に IC化されるのが価格的に望ましい。このドライバとしては相互コンダクタンス g_m が大きく、高速に動作する程、表示装置の性能が向上し、大容量化が可能になる。

通常よく用いられる低圧 CVD 法で成膜された多結晶シリコンの移動度は非常に低く、数 $\text{cm}^2/\text{V} \cdot \text{sec}$ 程度であり、単結晶シリコンと比べて 2 桁も小さい。この原因としては、ダングリングボンドが多く、結晶の粒界に多くのトラップ単位を持つために、この電気的に活性なトラップにキャリアが捕えられ、周辺領域を空乏化し、電位障壁が形成されるからと考えられている。

このような問題を改善するために、水素イオンでダングリングボンドをターミネイトすることにより電位障壁を無くす水素アラズマ処理法も検討されているが、高々 $10 \text{ cm}^2 / \text{v} \cdot \text{sec}$ 程度の移動度しか得られていない。

これに対し、多結晶シリコン薄膜に電子ビームやレーザビームを照射することにより溶融再結晶化して、結晶粒度の大きい膜を得る方法も検討されている。

次に、第2図を用いて、従来の多結晶シリコンの再結晶化法の第1の例を説明する。

ガラス基板11上に島状に設けた多結晶シリコン層15を SiO_2 や Si_3N_4 等の絶縁膜からなるキャップ層16でおおい、その上からcwArレーザやパルスモードのYAGレーザでスポット状のビームを走査照射する。この場合、キャップ層16は溶融したシリコンが蒸発するのを防止するために設けられているものである。

高エネルギーのビームを照射すると、多結晶シ

リコンが溶融するため、ガラス基板11との界面付近の温度はシリコンの溶融点(～1400°C)近くになる。このためガラス基板11としては石英ガラスの如き高融点のガラスに制限される。また石英ガラスは熱電導率が低いので、多結晶シリコン層15の結晶粒子の成長に不適当な熱分布(エッジ部より中央部の温度が高い)ができ、結晶性の良い膜が形成されにくい。

第3図は、従来の多結晶シリコン再結晶化法の第2の例を説明する為の図である。

この第2の例は、第1の例よりも簡単な手法であり、石英基板11上の多結晶シリコン層15に直接ビームを照射して溶融再結晶化する方法を用いている。この場合も、ガラス基板11の界面付近の温度は第1の例と同じように高温に達するので、ガラス基板11としては石英ガラスに制限される。

〔発明が解決しようとする問題点〕

ところで、これらのガラス基板上に形成されたドライバをELDやLCD等の表示装置と一体化

すると、表示装置の価格は高くなる。特に、表示面積が大きくなる程、基板の価格が大きな割合を占めるようになる。従来の方法では、高温処理に伴う熱亜により安価なホウケイ酸ガラスを使用することは不可能なので、表示装置の価格が高くなるを得なかつた。また、島状に設けた多結晶シリコンを再結晶化する際の温度分布が結晶粒子の成長には不適当になるため(中央部が高温)、結晶性の良い膜を容易に形成し難かつた。

本発明の目的は、かかる従来の欠点を除き、低熱伝導度の絶縁膜と高熱伝導度のヒートシンク層を設けて、高効率で基板への熱的影響の少い多結晶シリコンの再結晶化法を提供することにある。

〔問題点を解決するための手段〕

本発明の多結晶シリコンの再結晶化法は、ガラス基板上に第1の絶縁膜と高熱伝導層を積層し、さらに該高熱伝導層上に第2の絶縁膜と多結晶シリコン層と該多結晶シリコン層を覆う第3の絶縁層からなるキャップ層とを島状に連続して積み重ね、前記キャップ層上から高エネルギービームを

照射して前記多結晶シリコン層の結晶粒度を大きくするものである。

〔発明の原理と作用〕

ガラス基板上に適当な膜厚の SiO_2 の如き絶縁膜とWの如き高融点金属からなる高熱伝導層とをつけ、更にその上に島状にAlNの如き高熱伝導絶縁膜と多結晶シリコンを成長し、 Si_3N_4 のような絶縁膜からなるキャップ層でこれら高熱伝導絶縁膜と多結晶シリコン層をおおう。この上から、cwArレーザやパルスモードのYAGレーザーを用いてビームを照射すると、多結晶シリコンは溶融再結晶化されるかあるいはアニーリングされて、多結晶シリコン層の結晶粒度は大きくなる。

この場合、多結晶シリコン層の下に、熱伝導度の高い絶縁膜及び高融点金属を設けてあるので、熱はこの高熱伝導絶縁膜を通して金属膜へと伝導し、熱伝導率の著しく小さい SiO_2 膜で阻止され、島状の多結晶シリコン層の領域外に延びて設けられている高融点金属膜からほとんどの熱が外部へ放散されることになる。

従って、多結晶シリコン層に高エネルギービームを照射している時の多結晶シリコン層の温度は融点近傍になるととも、 SiO_2 膜下のガラス基板表面の温度は SiO_2 の膜厚を適当に選べば十分低く設定できることになり、熱亜点が約700°Cのホウケイ酸ガラスを基板として用いることができるようになる。また、ヒートシンクである高熱伝導層を設けたことにより、多結晶シリコン層の端部が中央部より高温となるため、エッジヒーティング効果によりビーム照射後に得られる多結晶シリコンの結晶性は良くなる。

〔実施例〕

以下、本発明の実施例について図面を参照し乍ら詳細に説明する。

第1図は本発明の一実施例となる多結晶シリコンの再結晶化法を説明する為の図である。

まずガラス基板11上に SiO_2 の如き低熱伝導度を持つ第1の絶縁膜12とWやMoの如き高融点金属からなる高熱伝導層13を形成する。高熱伝導層13としては、必ずしも高融点金属のみにこ

層13を介して外部へ放散される。

一方、ヒートシンク材としての高熱伝導層13の下に設けてある絶縁膜12の熱伝導度は、例えば SiO_2 の場合はSiに比べても3倍以上も小さいので、下のガラス基板11への熱伝導は大部分阻止される。従って、熱伝導を阻止する絶縁膜12の膜厚を適切に選べば、ガラス基板11としては高価な石英でなく、安価なホウケイ酸ガラスを使うこともできる。また、島状の多結晶シリコン層15の端部の温度は、ヒートシンクにより中央部より低くなるので、いわゆるエッジヒーティング効果により高品質の再結晶化膜が得られる。

〔発明の効果〕

以上説明したように本発明によれば、基板に対する発熱効果を小さくすることができるので、低温亜点を有するホウケイ酸ガラス基板上にも多結晶シリコンの再結晶化層を形成できる効果がある。

この結果、平面表示装置の駆動用のTFTの基板コストは、石英等の高価なガラス基板を用いる必要がないので、安価になる。

だわるわけではなく、他の高熱伝導度を有する不純物を導入した多結晶シリコン等のような膜であってもよい。

このような高熱伝導度を持つ高熱伝導層13の上に、AlN等の高熱伝導度を有する絶縁膜14と多結晶シリコン層15を島状に形成する。尚、絶縁膜14は、多結晶シリコン層15を加熱した時に高熱伝導層13と多結晶シリコン層15との化学的反応が生じ、多結晶シリコン層中に不純物が混入して膜質が部分的に劣化するのを防止するため設けている。絶縁膜14としては熱をよく伝導する薄い膜厚からなる SiO_2 であってもよい。

次に、多結晶シリコン層15と絶縁膜14とを SiO_2 や Si_3N_4 あるいはこれらの多層膜からなるキャップ層16でおおい、その上からcwArレーザーやパルスモードのYAGレーザーのビームを照射する。すると、多結晶シリコン層15は溶融するかアニーリングされる。この時、加えられた熱エネルギーは、絶縁膜14と高熱伝導層13とを通り、島状領域から外部に延伸された高熱伝導

また、多結晶シリコン層の下にヒートシンク用の高熱伝導層を設けて、熱が中心から周辺へ伝導し、外部へ放散するようにしているので、エッジヒーティング効果がうまく作用し、結晶性の良い膜が効率よく得られる。この効果は、基板として石英基板を用いた場合でももちろん得られる。

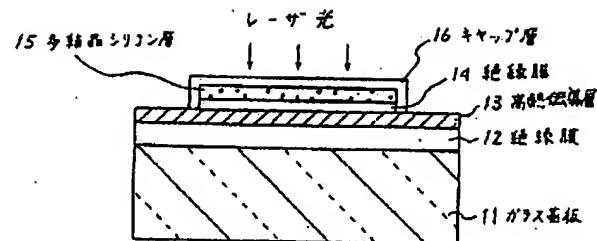
図面の簡単な説明

第1図は本発明の第一の実施例を説明する為の図、第2図及び第3図は従来の多結晶Siの再結晶化法を説明する為の図である。

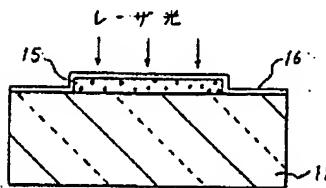
11…ガラス基板、12…絶縁膜、13…高熱伝導層、14…絶縁膜、15…多結晶シリコン層、16…キャップ層。

代理人 弁理士 内原

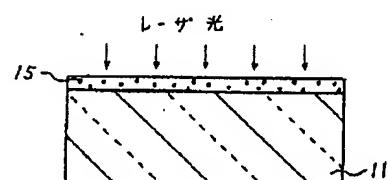
井端
内原



第1図



第2図



第3図